

①

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-261187

(43)Date of publication of application : 03.10.1997

(51)Int.Cl.

H04B 17/00

H04B 3/46

H04B 10/08

(21)Application number : 08-062663

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 19.03.1996

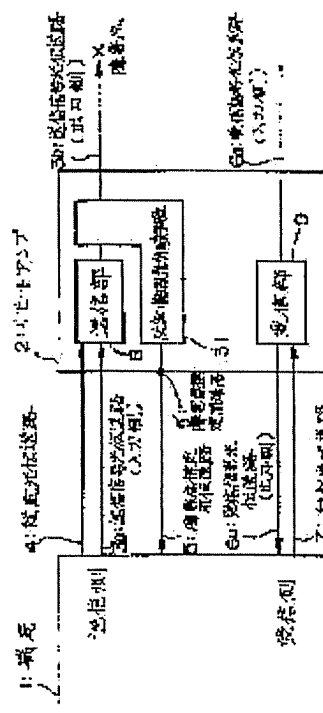
(72)Inventor : INOUE YOSHIYUKI  
MIYAZAKI TAKASHI

## (54) REMOTE AMPLIFIER AND FAULT POINT ORIENTATION METHOD IN NO-RELAY OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To orient a fault point in an entire range of a transmission line by demultiplexing a test optical pulse before the reflected/scattered light enters an optical isolator contained in a remote amplifier from the fault point set on the transmission line set beyond the amplifier and sending the optical pulse back to an end office through a certain part of the transmission line.

SOLUTION: An end station 1 sends a fault point orientation signal light to a fault point orientation transmission line 5, and this signal light is multiplexed to a transmitting signal transmission line 3b of the output side of a remote amplifier transmitting part 8 by a reflected/scattered light demultiplexing/multiplexing device 31 contained in a remote amplifier 2. When the signal light reaches a fault point set on the line 3b, the light is reflected and scattered there and then returns to the amplifier 2. The reflected/scattered light is demultiplexed by the device 31 of the amplifier 2 and transmitted through a fault point orientation terminal 5'. The station 1 detects the reflected/scattered light returned through the terminal 5' and orients the fault point of the line 3b set at the output side of the part 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 05.10.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-261187

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	17/00		H 0 4 B	17/00
	3/46			3/46
	10/08			9/00

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-62663

(22) 出願日 平成8年(1996)3月19日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 井上 義之

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72) 発明者 宮崎 敬史

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小林 隆夫

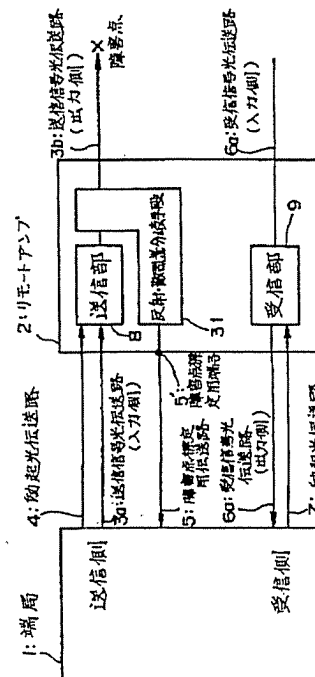
(54) 【発明の名称】 無中継光伝送システムのリモートアンプおよび障害点標定方法

## (57) 【要約】

【課題】 無中継光伝送システムのリモートアンプおよび障害点標定方法に関し、両端局間の光伝送路の全範囲に対してOTDRを用いた障害点標定を可能とすることを目的とする。

【解決手段】 端局から信号光伝送路、励起光伝送路または障害点標定用伝送路を通して送出した試験用光パルスが、リモートアンプの向う側にある伝送路上の障害点から反射・散乱してリモートアンプに戻ってきたとき、該反射・散乱光をリモートアンプ内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、上記の伝送路の何れかを通過して端局に送り返すようにした障害点標定方法、および、かかる障害点標定方法を実施できるように、該反射・散乱光を該光アイソレータに入る手前で分岐させる経路を設けたリモートアンプ。

本発明に係る原理説明図(その1)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

端局からの障害点標定用伝送路を接続するための障害点標定用端子と、

リモートアンブ送信部の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を該送信部内の光アイソレータに入る手前で分岐させて該障害点標定用端子に導く反射・散乱光分岐手段とを具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項2】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

リモートアンブ送信部の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を該送信部内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が端局に向かうように、端局からの励起光伝送路に合波させる反射・散乱光分岐合波手段を具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項3】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

リモートアンブ送信部の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を該送信部内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が該光アイソレータを迂回して端局に向かうように、該送信部内の信号経路に再び合波させる反射・散乱光迂回手段を具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項4】該反射・散乱光迂回手段は、該反射・散乱光を増幅する光増幅器を含んだ請求項3記載の無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項5】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

リモートアンブ送信部の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を該送信部内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が端局に向かうように、リモートアンブ受信部の入力側に合波させる反射・散乱光分岐合波手段を具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項6】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

リモートアンブ送信部の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を該送信部内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が端局に向かうように、リモートアンブ受信部の出力側に合波させる反射・散乱光分岐合波手段を具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項7】無中継光伝送システムの端局のリモートアンブであって、

端局からの障害点標定用伝送路を接続するための障害点標定用端子と、

該障害点標定用伝送路を通して端局から該障害点標定用

端子に入力された障害点標定用信号光がリモートアンブ受信部の入力側の受信信号光伝送路へ送出され、また、該受信信号光伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光が該受信部に入力されるように、該障害点標定用端子と該受信部の入力側とを結合する障害点標定用信号光合波手段を具備した無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項8】該障害点標定用信号光合波手段と該障害点標定用端子との間に、障害点標定用信号光を増幅する障害点標定用信号光増幅手段を挿入した請求項7記載の無中継光伝送システムのリモートアンブ。

【請求項9】障害点標定用信号光を端局から障害点標定用伝送路を通して請求項1記載のリモートアンブに送出し、該リモートアンブの障害点標定用端子から該障害点標定用伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【請求項10】障害点標定用信号光を端局から送信信号光伝送路を通して請求項1記載のリモートアンブに送出し、該リモートアンブの障害点標定用端子から障害点標定用伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【請求項11】障害点標定用信号光を端局から励起光伝送路を通して請求項2記載のリモートアンブに送出し、該励起光伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【請求項12】障害点標定用信号光を端局から送信信号光伝送路を通して請求項2記載のリモートアンブに送出し、励起光伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【請求項13】障害点標定用信号光を端局から送信信号光伝送路を通して請求項3または4に記載のリモートアンブに送出し、該送信信号光伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【請求項14】障害点標定用信号光を端局から送信信号光伝送路を通して請求項5または6に記載のリモートアンブに送出し、受信信号光伝送路を通過して戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンブ送信部の出力側の送信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害

点標定方法。

【請求項15】障害点標定用信号光を端局から障害点標定用伝送路を通して請求項7または8に記載のリモートアンプの該障害点標定用端子に入力し、受信信号光伝送路を返って来る該障害点標定用信号光の反射・散乱光を端局で受けることにより、該リモートアンプ受信部の入力側の受信信号光伝送路の障害点を標定する無中継光伝送システムの障害点標定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光ファイバ通信の無中継伝送方式において用いられるリモートアンプおよび光ファイバ障害点標定方法に関する。

【0002】光ファイバを用いた伝送系には、両端局間を結ぶ伝送路上に一定間隔で中継器を設置して通信を行う中継方式と、両端局間を結ぶ伝送路上に中継器を設置しないで通信を行う無中継方式とがある。例えば、海底光ファイバケーブル伝送システムでは、長距離深海用には中継方式、短距離浅海用には無中継方式が用いられることが多い。図17に無中継方式による伝送システムの概念図を示す。無中継方式は中継器および中継器への給電装置が不要であるため安価なシステムを構成できる反面、中継伝送をしないため伝送可能な距離に制約がある。そこで、無中継方式の一形態として、両端局から所定の距離の伝送路上にリモートアンプを挿入し、リモートアンプが端局からの励起光（ポンプ光ともいう）を受けて信号光を増幅することにより伝送可能距離を延ばすリモートポンプ方式が考案されている。

【0003】

【従来の技術】図18に従来の無中継光伝送システムの構成例を示す。両端局間を接続する光ファイバケーブル上の、それぞれの端局からの励起光が届く距離の範囲内（端局から約100km以内）にリモートアンプが挿入されている。このようにリモートアンプを両端に用いた構成ではリモートアンプ間の距離を約200km、したがって両端局間の距離を約400kmまでとることができる。

【0004】図18の構成において、端局1は送信部10と受信部11に分けられ、リモートアンプ2はポストアンプ20とブリアンプ21に分けられる。端局1

(A)側から見て、送信部10とポストアンプ20が送信系を構成し、受信部11とブリアンプ21が受信系を構成する。ポストアンプ20は送信部10の光送出レベルを増大し、ブリアンプ21は受信部11の受光感度を改善する。

【0005】送信部10は、光送信器101、レーザダイオード102、レーザダイオード103、およびWDM (Wavelength Division Multiplexing; 波長多重分離) カブラ104を備え、受信部11は、光受信器111とレーザダイオード112を備える。ポストアンプ2

0は、ファイバアンプ201、WDMカブラ202、および光アイソレータ203で構成され、ブリアンプ21は、ファイバアンプ211、WDMカブラ212、および光アイソレータ213で構成される。

【0006】光送信器101は波長 $\lambda_1$ の信号光を送信し、光受信器111は波長 $\lambda_2$ の信号光を受信する。ファイバアンプ201、211は、波長 $\lambda_1$ の励起光で励起されるエルビウムドープ光ファイバ増幅器である。レーザダイオード102、103は、ファイバアンプ201をそれぞれ前方励起、後方励起するための励起光源であり、レーザダイオード112は、ファイバアンプ211を後方励起するための励起光源である。WDMカブラ104、202、212は、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光を多重／分離する光カブラである。光アイソレータ203、213は、順方向（図中の矢印の方向）にのみ光を通過させるデバイスである。

【0007】通常運用時、送信系は次のように動作する。光送信器101の信号光（波長 $\lambda_1$ ）とレーザダイオード102の前方励起光（波長 $\lambda_1$ ）は、WDMカブラ104により送信用光ファイバ(a)上に多重され、ポストアンプ20内のファイバアンプ201の入力側まで伝送される。レーザダイオード103の後方励起光（波長 $\lambda_1$ ）は、励起光用光ファイバ(c)でポストアンプ20まで伝送され、WDMカブラ202でファイバアンプ201の出力側に合波する。ファイバアンプ201で増幅された信号光は、WDMカブラ202と光アイソレータ203を通過し、端局1(B)側に向けて送信用光ファイバ(a')に送出される。

【0008】受信系は次のように動作する。レーザダイオード112の後方励起光（波長 $\lambda_2$ ）は、励起光用光ファイバ(d)でブリアンプ21まで伝送され、WDMカブラ212でファイバアンプ211の出力側に合波する。受信用光ファイバ(b')からファイバアンプ211に入力して増幅された信号光は、WDMカブラ212と光アイソレータ213を通過し、受信用光ファイバ(b)を返って受信部111まで伝送される。

【0009】ファイバアンプ201や211が出力した信号光が光ファイバを伝送するときレイリー散乱が生じ、その後方散乱光が光ファイバを返ってファイバアンプに戻ってくる。この後方散乱光がファイバアンプに侵入すると、光増幅された散乱光が雑音として再び光ファイバに送出されるので、信号光のS/N比の劣化を招くことになる。これを防止するため、光アイソレータ203、213がファイバアンプ201、211の出力側に設けられ、後方散乱光の侵入を阻止している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】光ファイバ伝送システムでは、光ファイバケーブルに障害（ケーブルの断線、光損失の増大など）が発生した場合、両端局からケーブル障害点を標定できることが要求される。無中継方式で

10

20

30

40

50

は給電を行わないため光ファイバを用いた標定が中心となる。光ファイバケーブルの障害は、ケーブル自体の切断により起こる場合と、ケーブル内の一部の光ファイバの切断により起こる場合があるため、ケーブルに収容されているすべての光ファイバについて個別に障害点標定ができることが望まれる。

【0011】光ファイバ単位の障害点標定はOTDR (Optical Time Domain Reflectmeter; 光パルス試験器)を用いて行うことができる。OTDRを用いた障害点標定では、端局において試験対象の光ファイバ端に試験用光パルスを入射し、その光パルスが光ファイバの障害点に到達し、そこで反射、散乱して再び端局に戻ってきた反射光や後方散乱光を受光する。この反射光や後方散乱光を観測することにより障害の種類(破断、光損失の増大など)を判定することができる。

【0012】OTDRには図19に示す2つのタイプがある。図19(a)は従来から広く利用されている光パルス送信部と受信部が一体となったタイプで、送受信部は接続されている光ファイバに試験用光パルスを送出し、その光ファイバを通して戻ってくる反射光や後方散乱光を受光する。このタイプのOTDRのダイナミックレンジは約40dB程度であり、端局から約200kmまでの光ファイバ障害点を標定することができる。図19(b)は光パルス送信部と受信部が分離されたタイプで、送信部は接続されている光ファイバに試験用光パルスを送出し、受信部はそれとは別の光ファイバを通して戻ってくる反射光や後方散乱光を受光する。このタイプのOTDRを用いれば中継伝送システムの中継器間の障害点標定を行うことができる。ダイナミックレンジが約20dB程度で、中継器から約100kmまでの光ファイバ障害点の標定が可能である。

【0013】図18に示したような従来の無中継伝送システムにおいて、端局・リモートアンプ間の光ファイバケーブルの障害点標定は、端局でOTDRを用いることにより容易に実施できるが、リモートアンプ間の光ファイバケーブルの障害点標定は、端局からリモートアンプを経由してその先にある光ファイバの障害点を見つけなければならない。このとき、端局から送出したOTDRの光パルスはリモートアンプ内の光アイソレータを順方向に通過してリモートアンプ間の光ファイバの障害点に到達できるが、障害点から戻ってくる反射光や後方散乱光は光アイソレータに対して逆方向となるので、そこで阻止されて端局には到達しない。そのため、従来はOTDRを用いてリモートアンプ間の光ファイバの障害点標定を行うことができなかった。

【0014】本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであり、リモートポンプ方式の無中継光伝送システムにおいて、端局から見てリモートアンプの向う側にある光伝送路に対しても、端局からOTDRを用いて障害点標定を行うことを可能にしたリモートアンプと障害点標

定方法を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】図1～図5は本発明に係る原理説明図である。上述の課題を解決するために、本発明に係る無中継光伝送システムのリモートアンプは、第一の形態として、端局1からの障害点標定用伝送路5を接続するための障害点標定用端子5'と、リモートアンプ送信部8の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を送信部8内の光アイソレータに入る手前で分岐させて障害点標定用端子5'に導く反射・散乱光分岐手段31とを具備する。ここで、反射・散乱光とは、光伝送路の障害点から戻ってくる反射光および/または後方散乱光を意味する。

【0016】第一の形態のリモートアンプを用いて実施できる障害点標定方法を図1を参照して説明する。端局1は障害点標定用伝送路5に障害点標定用信号光を送出する。該障害点標定用信号光は、リモートアンプ2内の反射・散乱光分岐合波手段31によりリモートアンプ送信部の出力側の送信信号光伝送路3bに合波される。該障害点標定用信号光は送信信号光伝送路3b上の障害点に到達すると、そこで反射・散乱してリモートアンプ2に戻ってくる。該反射・散乱光はリモートアンプ2内の反射・散乱光分岐手段31で分岐され、障害点標定用端子5'から送出される。端局1は障害点標定用伝送路5を通して戻ってくる該反射・散乱光を検出することにより、リモートアンプ送信部8の出力側の送信信号光伝送路3bの障害点を標定する。

【0017】この障害点標定方法において、端局1からの障害点評定用信号光を障害点標定用伝送路5ではなく送信信号光伝送路3aに送出してもよい。そうすれば、障害点標定用信号光がリモートアンプ送信部8で増幅されるので、より遠距離まで障害点標定を行うことができる。反射・散乱光の戻り経路は上記の場合と同じである。

【0018】また、本発明に係る無中継光伝送システムのリモートアンプは、第二の形態として、リモートアンプ送信部8の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を送信部8内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が端局1に向かうように、端局1からの励起光伝送路4に合波させる反射・散乱光分岐合波手段32を具備する。

【0019】第二の形態のリモートアンプを用いて実施できる障害点標定方法を図2を参照して説明する。端局1は、励起光とは波長の異なる障害点標定用信号光を励起光伝送路4に送出する。該障害点標定用信号光は、リモートアンプ2内の反射・散乱光分岐合波手段32によりリモートアンプ送信部の出力側の送信信号光伝送路3bに合波される。該障害点標定用信号光は送信信号光伝送路3b上の障害点に到達すると、そこで反射・散乱してリモートアンプ2に戻ってくる。該反射・散乱光はリ

モートアンプ 2 内の反射・散乱光分岐合波手段 3 2 により分岐され、励起光伝送路 4 に合波される。端局 1 は励起光伝送路 4 を通って戻ってくる該反射・散乱光を検出することにより、リモートアンプ送信部 8 の出力側の送信信号光伝送路 3 b の障害点を標定する。

【0020】この障害点標定方法において、端局 1 からの障害点評定用信号光を励起光伝送路 4 ではなく送信信号光伝送路 3 a に送出してもよい。そうすれば、障害点標定用信号光がリモートアンプ送信部 8 で増幅されるので、より遠距離まで障害点標定を行うことができる。反射・散乱光の戻り経路は上記の場合と同じである。

【0021】また、本発明に係る無中継光伝送システムのリモートアンプは、第三の形態として、リモートアンプ送信部 8 の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を送信部 8 内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が該光アイソレータを迂回して端局 1 に向かうように、送信部 8 内の信号経路に再び合波させる反射・散乱光迂回手段 3 3 を具備する。

【0022】第三の形態のリモートアンプを用いて実施できる障害点標定方法を図 3 を参照して説明する。端局 1 は送信信号光伝送路 3 a に障害点標定用信号光を送出する。該障害点標定用信号光はリモートアンプ送信部 8 で増幅され、その出力側の送信信号光伝送路 3 b に送出される。該障害点標定用信号光は送信信号光伝送路 3 b 上の障害点に到達すると、そこで反射・散乱してリモートアンプ 2 に戻ってくる。該反射・散乱光はリモートアンプ 2 内の反射・散乱光迂回手段 3 3 により分岐され、送信部 8 内の光アイソレータを迂回してから、送信部 8 内の信号経路に再び合波される。端局 1 は送信信号光伝送路 3 a を通って戻ってくる該反射・散乱光を検出することによりリモートアンプ送信部 8 の出力側の送信信号光伝送路 3 b の障害点を標定する。

【0023】また第三の形態のリモートアンプの反射・散乱光迂回手段 3 3 は、該反射・散乱光を増幅する光増幅器を含んだ構成とすることができる。このように構成することで、より遠距離まで障害点標定を行うことができる。

【0024】また、本発明に係る無中継光伝送システムのリモートアンプは、第四の形態として、リモートアンプ送信部 8 の出力側に戻ってくる障害点標定用信号光の反射・散乱光を送信部 8 内の光アイソレータに入る手前で分岐させ、該分岐した反射・散乱光が端局 1 に向かうように、リモートアンプ受信部 9 の入力側または出力側に合波させる反射・散乱光分岐合波手段 3 4 を具備する。

【0025】第四の形態のリモートアンプを用いて実施できる障害点標定方法を図 4 を参照して説明する。端局 1 は送信信号光伝送路 3 a に障害点標定用信号光を送出する。該障害点標定用信号光はリモートアンプ送信部 8

で増幅され、その出力側の送信信号光伝送路 3 b に送出される。該障害点標定用信号光は送信信号光伝送路 3 b 上の障害点に到達すると、そこで反射・散乱してリモートアンプ 2 に戻ってくる。該反射・散乱光はリモートアンプ 2 内の反射・散乱光分岐合波手段 3 4 により分岐され、リモートアンプ受信部 9 の入力側または出力側に合波される。端局 1 は受信信号光伝送路 6 a を通って戻ってくる該反射・散乱光を検出することによりリモートアンプ送信部 8 の出力側の送信信号光伝送路 3 b の障害点を標定する。

【0026】また、本発明に係る無中継光伝送システムのリモートアンプは、第五の形態として、端局 1 からの障害点標定用伝送路 5 を接続するための障害点標定用端子 5' と、障害点標定用伝送路 5 を通して端局 1 から障害点標定用端子 5' に入力された障害点標定用信号光がリモートアンプ受信部 9 の入力側の受信信号光伝送路 6 b へ送出され、また、受信信号光伝送路 6 b を通って戻ってくる該障害点標定用信号光の反射・散乱光が受信部 9 に入力されるように、障害点標定用端子 5' と受信部 9 の入力側とを結合する障害点標定用信号光合波手段 3 5 を具備する。

【0027】第五の形態のリモートアンプを用いて実施できる障害点標定方法を図 5 を参照して説明する。端局 1 は障害点標定用伝送路 5 に障害点標定用信号光を送出する。該障害点標定用信号光はリモートアンプ 2 の障害点標定用端子 5' から入力され、リモートアンプ 2 内の障害点標定用信号光合波手段 3 5 によりリモートアンプ受信部 9 の入力側の受信信号伝送路 6 b に合波される。該障害点標定用信号光は受信信号光伝送路 6 b 上の障害点に到達すると、そこで反射・散乱してリモートアンプ 2 に戻ってくる。該反射・散乱光は受信部 9 に入力され、そこで増幅されて受信信号光伝送路 6 a に送出される。端局 1 は該反射・散乱光を検出することによりリモートアンプ受信部 9 の入力側の受信信号光伝送路 6 b の障害点を標定する。

【0028】また第五の形態のリモートアンプは、障害点標定用信号光合波手段 3 5 と障害点標定用端子 5' との間に、障害点標定用信号光を増幅する障害点標定用信号光増幅手段を挿入した構成とすることができる。このように構成することで、より遠距離まで障害点標定を行うことができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。以下の各実施例は、図 1 8 に示した無中継光伝送システムの従来例に対して本発明を適用したものである。各実施例の通常運用時の動作は従来例の動作とほぼ同じである。従来例および各実施例の間で機能的に共通な構成要素については同一の番号が付されている。

【0030】図 6 は本発明の一実施例における無中継伝

10

20

30

40

50

送システムの構成を示す図である。この構成の特徴は、端局 1 とリモートアンプ 2 との間に障害点標定用光ファイバ (e) を設け、リモートアンプ 2 において光カブラ 204 を用いて障害点標定用光ファイバ (e) を送信用光ファイバ (a') に結合したことにある。

【0031】通常運用時には障害点標定用光ファイバ (e) は使用されない。障害点標定時には、図 19 (b) に示した OTDR を用いて次のような試験を行う。端局 1 において、光送信器 101 に替えて OTDR 送信部を接続し、障害点標定用光ファイバ (e) の端子 107 に OTDR 受信部を接続する。OTDR 送信部は信号光と同じ波長  $\lambda_1$  の試験用光パルスを出力する。このときファイバアンプ 201 は通常運用時と同様に励起されているので、試験用光パルスはファイバアンプ 201 で増幅され、送信用光ファイバ (a') に送出される。送信用光ファイバ (a') の障害点から戻ってきた反射光や後方散乱光 (以下、単に反射光という) は、リモートアンプ 2 内の光カブラ 204 で障害点標定用光ファイバ (e) に分岐して端局 1 まで伝送され、OTDR 受信部により検出される。

【0032】また、図 19 (a) に示した OTDR を用いて次のような試験を行うこともできる。端局 1 において、OTDR 送受信部を障害点標定用光ファイバ (e) の端子 107 に接続する。試験用光パルスは、OTDR 送受信部→障害点標定用光ファイバ (e) →リモートアンプ 2 内の光カブラ 204 →送信用光ファイバ (a') →障害点という経路を経て伝送され、その反射光も同じ経路で OTDR 送受信部まで戻ってくる。

【0033】図 7 は本発明の他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。この構成の特徴は、リモートアンプ 2 において、ポストアンプ 20 への励起用光ファイバ (c) と光アイソレータ 203 の出力端とをバンドパスフィルタ 205 を介して接続したことにある。バンドパスフィルタ 205 は、励起光とは波長の異なる試験用光パルス (本実施例では信号光と同じ波長  $\lambda_1$ ) だけを通過させる周波数特性を有する。

【0034】通常運用時には、励起用光ファイバ (c) で伝送される波長  $\lambda_1$  の励起光はバンドパスフィルタ 205 を通過しないので信号光に影響を与えない。障害点標定時には、図 19 (a) に示した OTDR を用いて次のような試験を行う。端局 1 において、後方励起用のレーザダイオード 103 に替えて OTDR 送受信部を接続する。このとき光送信器 101 と前方励起用のレーザダイオード 102 は停止している。OTDR 送受信部は信号光と同じ波長  $\lambda_1$  の試験用光パルスを出力する。試験用光パルスは、励起用光ファイバ (c) でリモートアンプ 2 まで伝送され、光カブラ 206 とバンドパスフィルタ 205 を通過し、光カブラ 204 で送信用光ファイバ (a') に合波する。送信用光ファイバ (a') の障害点からの反射光は、これと同じ経路を経て端局 1 まで

戻り、OTDR 送受信部により検出される。

【0035】図 8 には図 7 の実施例の変形形態が示される。この構成では、バンドパスフィルタ 205 と光カブラ 206 に替えて、波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  の光を多重/分離する WDM カブラ 2061 が使用される。通常運用時には、励起用光ファイバ (c) で伝送されて WDM カブラ 2061 に入力した波長  $\lambda_1$  の励起光は、WDM カブラ 202 の側だけに分岐するので、信号光に影響を与えない。障害点標定時には、図 19 (b) に示した OTDR を用いて次のような試験を行う。端局 1 において、光送信器 101 に替えて OTDR 送信部を接続し、後方励起用のレーザダイオード 103 に替えて OTDR 受信部を接続する。OTDR 送信部は信号光と同じ波長  $\lambda_1$  の試験用光パルスを出力する。このときファイバアンプ 201 は通常運用時と同様に励起されているので、試験用光パルスはファイバアンプ 201 で増幅され、送信用光ファイバ (a') に送出される。送信用光ファイバ (a') の障害点から戻ってきた反射光は、リモートアンプ 2 内の WDM カブラ 2041 で分岐し、WDM カブラ 2061 で励起用光ファイバ (c) に合波して端局 1 まで伝送され、OTDR 受信部により検出される。

【0036】図 9 は本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。この構成の特徴は、リモートアンプ 2 において、送信信号光の通過経路と並列に、試験用光パルスの反射光が光アイソレータ 203 を迂回するための迂回経路 (j) を設けたことにある。

【0037】本実施例では、反射光を増幅するファイバアンプ 207 が迂回経路 (j) に挿入されているので、それに伴って端局 1 にはレーザダイオード 105 と WDM カブラ 106 が設けられ、リモートアンプ 2 には WDM 208、209、2061 が設けられている。レーザダイオード 105 は、ファイバアンプ 207 に対する波長  $\lambda_2$  の励起光を出力する励起光源である。WDM カブラ 106 は、レーザダイオード 103 の励起光 (波長  $\lambda_1$ ) とレーザダイオード 105 の励起光 (波長  $\lambda_2$ ) とを励起用光ファイバ (c) 上に多重する。WDM カブラ 2061 は、励起用光ファイバ (c) で伝送される 2 つの励起光を分離し、波長  $\lambda_1$  の励起光をファイバアンプ 201 に、波長  $\lambda_2$  の励起光をファイバアンプ 207 にそれぞれ振り分ける。WDM カブラ 208 は、ファイバアンプ 207 に対する励起光 (波長  $\lambda_2$ ) を迂回経路 (j) に合波する。WDM カブラ 209 は、迂回経路 (j) で迂回した反射光を送信用光ファイバ (a) に合波し、また、端局 1 から送信用光ファイバ (a) で伝送されてきた波長  $\lambda_1$  の励起光が迂回経路 (j) に侵入しないように阻止する。

【0038】通常運用時には、端局 1 のレーザダイオード 105 は励起光を出力しないのでファイバアンプ 208 は励起されず、迂回経路 (j) には約 20 dB 以上の



減衰器が挿入されている状態に等しい。障害点標定時には、図19(b)に示したOTDRを用いて次のような試験を行う。

【0039】端局1において、光送信器101に替えてOTDR送受信部を接続する。このときレーザダイオード105も励起光を出力してファイバアンプ207を動作状態にする。OTDR送受信部は信号光と同じ波長λ<sub>0</sub>の試験用光パルスを出力する。試験用光パルスはファイバアンプ201で増幅されて送信用光ファイバ

(a')に送出される。送信用光ファイバ(a')の障害点から戻ってきた反射光は、リモートアンプ2内の光カブラ204で迂回経路(j)に分岐してファイバアンプ207で増幅され、WDMカブラ209で送信用光ファイバ(a)に合波して端局1まで伝送され、OTDR送受信部により検出される。

【0040】本実施例では迂回経路(j)で反射光を増幅したが、図10(a)に示すように単に反射光を迂回させるだけでもよい。この場合、信号光と試験用光パルスに異なる波長を用い、信号光(波長λ<sub>0</sub>)がファイバアンプ201を通過し、試験用光パルスおよびその反射光(波長λ<sub>1</sub>)が迂回経路(j)を通過するようなWDMカブラ209、2041を用いれば、信号光に影響を与えずに迂回経路(j)を設けることができる。また、図10(b)に示すように、光アイソレータ203の両端に迂回経路(j)を結合すれば、試験用パルス光もファイバアンプ201で増幅されるので、図10(a)の場合よりも遠距離の障害点標定が可能である。

【0041】図11は本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。この構成の特徴は、リモートアンプ2において、試験用光パルスの反射光を送信信号光の通過経路から分岐させ、受信信号光の通過経路に合波させるための分岐合波経路を設けたことにある。光カブラ204は分岐合波経路を送信信号光の通過経路に結合し、光カブラ214は分岐合波経路を受信信号光の通過経路に結合する。図に示されるように、光カブラ214の設置位置により、反射光をブリアンプ21の出力側に合波する分岐合波経路(f)と、ブリアンプ21の入力側に合波する分岐合波経路(g)とが考えられる。

【0042】障害点標定時には、図19(b)に示したOTDRを用いて次のような試験を行う。端局1において、光送信器101に替えてOTDR送信部を接続し、光受信器111に替えてOTDR受信部を接続する。OTDR送信部は信号光と同じ波長λ<sub>0</sub>の試験用光パルスを出力する。試験用光パルスはファイバアンプ201で増幅されて送信用光ファイバ(a')に送出される。送信用光ファイバ(a')の障害点から戻ってきた反射光は、リモートアンプ2内の光カブラ204で分岐合波経路(f)または(g)に分岐し、光カブラ214で受信用光ファイバ(b)に合波して端局1まで伝送され、O

OTDR受信部により検出される。分岐合波経路(g)を使用した場合、試験用パルスの反射光はファイバアンプ211で増幅されるので、より遠距離の障害点標定が可能である。

【0043】本実施例のように、普通の光カブラ204、214を用いて分岐合波経路を接続した場合、通常運用時に信号光が後方散乱光による影響を受けないように、分岐合波経路の損失を送信および受信信号光の通過経路の損失よりも十分大きくする必要がある。しかし、図12に示すように、光カブラ204と214の代わりにWDMカブラ2041と2141を使用すれば、損失が小さくかつ信号光に影響を与えない分岐合波経路を設けることができる。この場合、信号光と試験用光パルスに異なる波長を用い、試験用光パルスの反射光だけを分岐合波経路に通過させるようなWDMカブラ2041と2141を使用する必要がある。

【0044】本実施例のリモートアンプ2は送受信増幅部が一体となっているので、ポストアンプ20とブリアンプ21は伝送ケーブル上の同じ位置に設置される。しかし、信号光の伝送特性上、ポストアンプ11の最適位置とブリアンプ21の最適位置が異なる場合がある。一般に、端局から見て、ブリアンプ21の最適位置の方がポストアンプ11の最適位置より遠くなる。

【0045】図13は本実施例の変形形態である。ここでは、ポストアンプ11とブリアンプ21をそれぞれ最適位置に設置するために、両者が分離されたリモートアンプ2'を使用する。図13(a)は、送信用光ファイバ(a')の途中にあるWDMカブラ2041とブリアンプ21の入力側にあるWDMカブラ2041との間を分岐合波経路(g)で接続した場合であり、これに対し、図13(b)は、ブリアンプ21の出力側にWDMカブラ2141を設けて分岐合波経路(f)を接続した場合である。

【0046】図14は本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。この構成の特徴は、端局1とリモートアンプ2との間に障害点標定用光ファイバ(h)を設け、リモートアンプ2において光カブラ214を用いて障害点標定用光ファイバ(h)を受信用光ファイバ(b')に結合したことにある。

【0047】通常運用時には障害点標定用光ファイバ(h)は使用されない。障害点標定時には、図19(b)に示したOTDRを用いて次のような試験を行う。端局1において、光受信器111に替えてOTDR受信部を接続し、障害点標定用光ファイバ(h)の端子116にOTDR送信部を接続する。OTDR送信部は信号光と同じ波長λ<sub>0</sub>の試験用光パルスを出力する。試験用光パルスは、障害点標定用光ファイバ(h)でリモートアンプ2まで伝送され、光カブラ214で受信用光ファイバ(b')に合波する。ファイバアンプ211は通常動作時と同様に励起されているので、受信用光フ

イバ(b')の障害点から戻ってきた反射光は、リモートアンプ2内のファイバアンプ211で増幅され、受信用光ファイバ(b)で端局1まで伝送され、OTDR受信部により検出される。

【0048】また、図19(a)に示したOTDRを用いて次のような試験を行うこともできる。端局1において、OTDR送受信部を障害点標定用光ファイバ(h)の端子116に接続する。試験用光パルスは、OTDR送受信部→障害点標定用光ファイバ(h)→リモートアンプ2内の光カブラ214→受信用光ファイバ(b')→障害点という経路を経て伝送され、その反射光も同じ経路でOTDR送受信部に戻ってくる。

【0049】図15は本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。本実施例は図14の構成を基本としており、より遠距離までの障害点標定を可能とするために、障害点標定用光ファイバ(h)と光カブラ214との間にファイバアンプ216を挿入して試験用光パルスを増幅することを特徴とする。またさらに、ファイバアンプ211に対して双方向励起を行うことにより受信信号光および反射光の受光感度をより改善している。

【0050】この構成の端局1において、ファイバアンプ211、216をそれぞれ前方励起するためのレーザダイオード112、113と、レーザダイオード112の励起光(波長 $\lambda_1$ )とレーザダイオード113の励起光(波長 $\lambda_2$ )を励起用光ファイバ(d)上に多重するためのWDMカブラ114が設けられている。またリモートアンプ2において、WDM218は、励起用光ファイバ(d)で伝送された2つの励起光を分離して、波長 $\lambda_1$ の励起光をWDM212を介してファイバアンプ211に、波長 $\lambda_2$ の励起光をWDM217を介してファイバアンプ216にそれぞれ振り分ける。WDMカブラ215は、励起用光ファイバ(i)で伝送された前方励起光(波長 $\lambda_1$ )をファイバアンプ211の入力側に合波する。

【0051】通常運用時には、端局1のレーザダイオード113は使用されず、したがってリモートアンプ2のファイバアンプ217は励起されない。障害点標定時には、図19(b)に示したOTDRを用いて次のような試験を行う。端局1において、光受信器111に替えてOTDR受信部を接続し、障害点標定用光ファイバ(h)の端子116にOTDR送信部を接続する。OTDR送信部は信号光と同じ波長 $\lambda_1$ の試験用光パルスを出力する。試験用光パルスは、障害点標定用光ファイバ(h)でリモートアンプ2まで伝送され、ファイバアンプ217で増幅され、WDMカブラ217と光カブラ214を通過して受信用光ファイバ(b')に送出される。受信用光ファイバ(b')の障害点から戻ってきた反射光は、光カブラ214とWDMカブラ215を通過し、ファイバアンプ211で増幅され、WDMカブラ2

12と光アイソレータ213を通過し、受信用光ファイバ(b)で端局1まで伝送され、OTDR受信部により検出される。

【0052】以上に説明したリモートアンプを用いれば、例えば図16に示す無中継伝送システムにおいて、端局・リモートアンプ間の伝送路の障害点は従来の試験方法で標定でき、各端局から見てリモートアンプの向う側にある約100kmの送信側伝送路(図中のAの部分)の障害点は図6~図13のいずれかの実施例に示した試験方法で標定でき、各端局から見てリモートアンプの向う側にある約100kmの受信側伝送路(図中のBの部分)の障害点は図14または図15の実施例に示した試験方法で標定できる。

【0053】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、リモートポンプ方式の無中継光伝送システムの伝送路の全範囲に対して障害点の標定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る原理説明図(1)である。

【図2】本発明に係る原理説明図(2)である。

【図3】本発明に係る原理説明図(3)である。

【図4】本発明に係る原理説明図(4)である。

【図5】本発明に係る原理説明図(5)である。

【図6】本発明の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図7】本発明の他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図8】図7の実施例の変形形態を示す図である。

【図9】本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図10】図9の実施例の変形形態を示す図である。

【図11】本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図12】図11の実施例の変形形態を示す図である。

【図13】図11の実施例の変形形態を示す図である。

【図14】本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図15】本発明のまた他の実施例における無中継伝送システムの構成を示す図である。

【図16】本発明による光ファイバ障害点標定可能な範囲を示す図である。

【図17】無中継伝送システムの概念図である。

【図18】従来の無中継光伝送システムの構成例を示す図である。

【図19】OTDRの種類を説明するための図である。

【符号の説明】

1 端局

10 送信部

101 光送信器

102、103、105 レーザダイオード

104、106 WDMカブラ  
 107 励起用光ファイバ用の端子  
 11 受信部  
 111 光受信器  
 112、113、115 レーザダイオード  
 114 WDMカブラ  
 116 励起用光ファイバ用の端子  
 2 リモートアンプ  
 20 ポストアンプ  
 201、207 ファイバアンプ

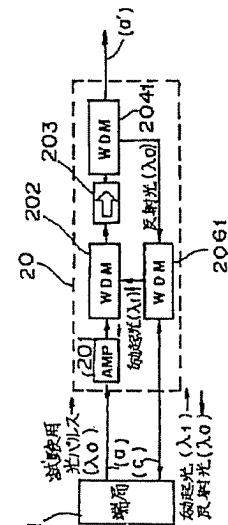
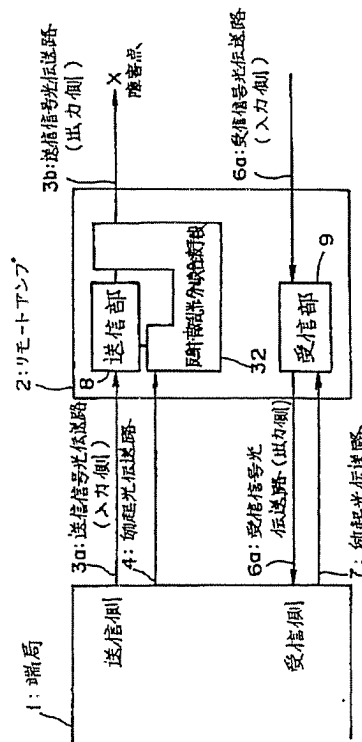
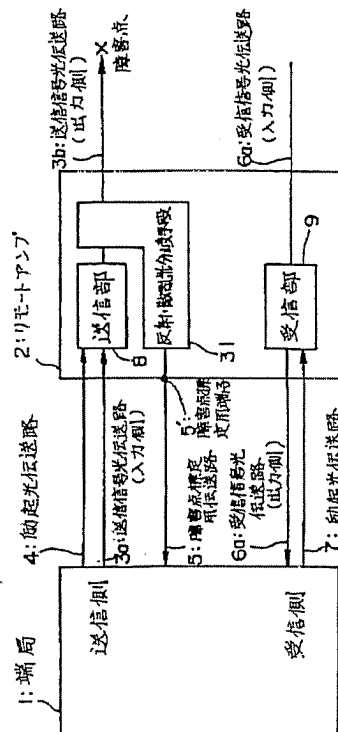
【図1】

\*202、2041、2061、208、209 WDM  
 カブラ  
 203 光アイソレータ  
 204、206 光カブラ  
 205 バンドパスフィルタ  
 21 プリアンプ  
 211、216 ファイバアンプ  
 212、215、217、218 WDMカブラ  
 213 光アイソレータ  
 \*10 214 光カブラ

【図2】

【図8】

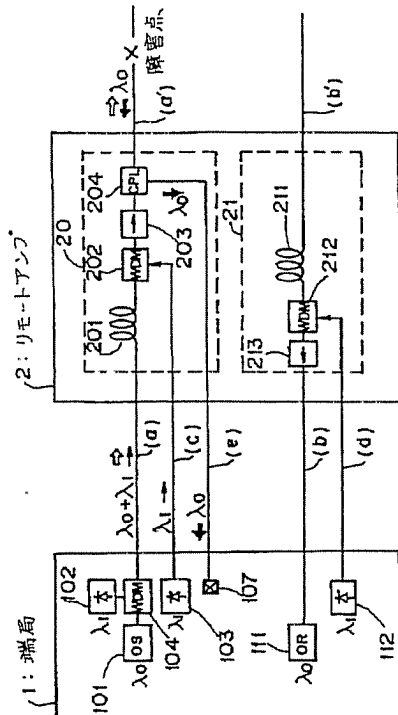
本発明に係る原理説明図(その1) 本発明に係る原理説明図(その2) 図7の実施例の変形形態





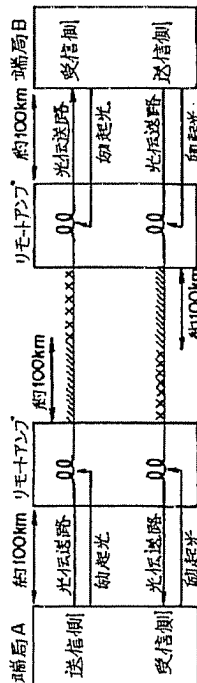
【図6】

本発明の実施例



【図16】

光ファイバ障害点検定可能な範囲

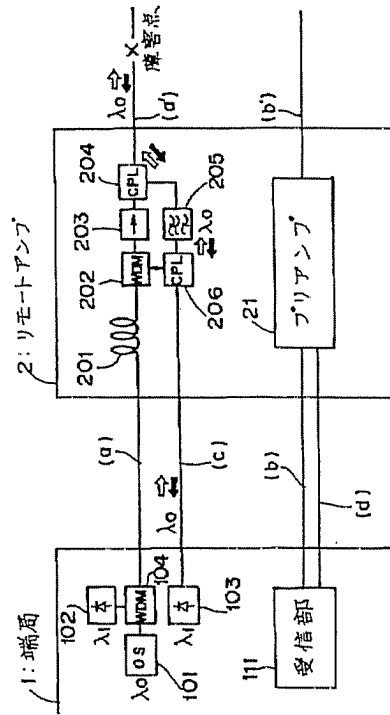


A : 送信側から検定可能な範囲

B : 受信側から検定可能な範囲

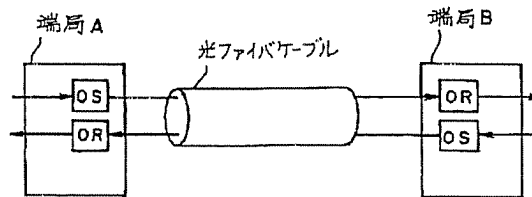
【図7】

本発明の他の実施例



【図17】

無中継伝送システムの概念図



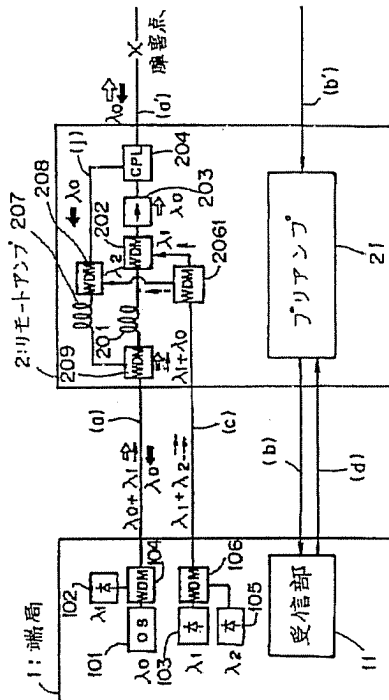
OS : 光伝送信号送信機

OR : 光伝送信号受信機

⇐ : 試験用光パルス(波長λ₀)  
 ⇐↑ : 試験用光パルスの反射光

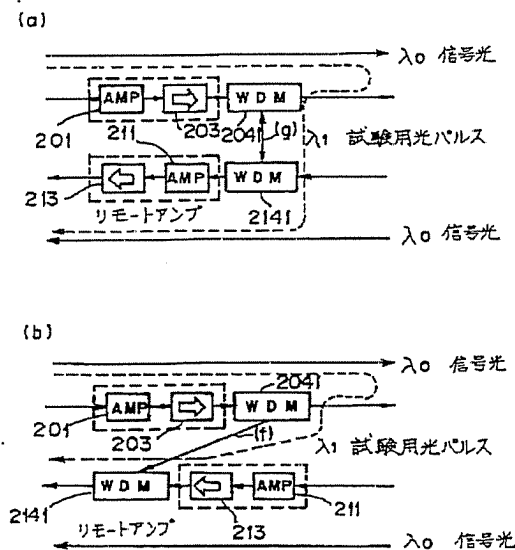
【図9】

本発明のまた他の実施例



【図12】

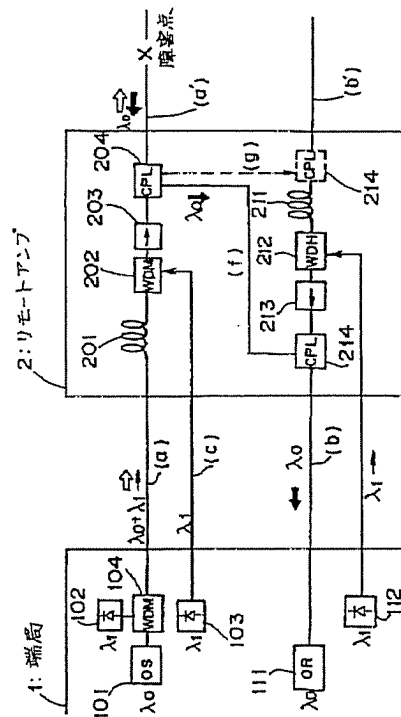
図11の実施例の変形形態



$\lambda_0$ : 通常運用時の信号光の波長  
 $\lambda_1$ : 障害点検定時の試験用光パルスの波長

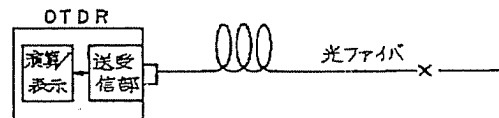
【図11】

本発明のまた他の実施例

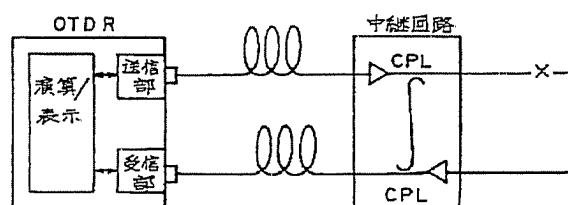


【図19】

OTDRの種類



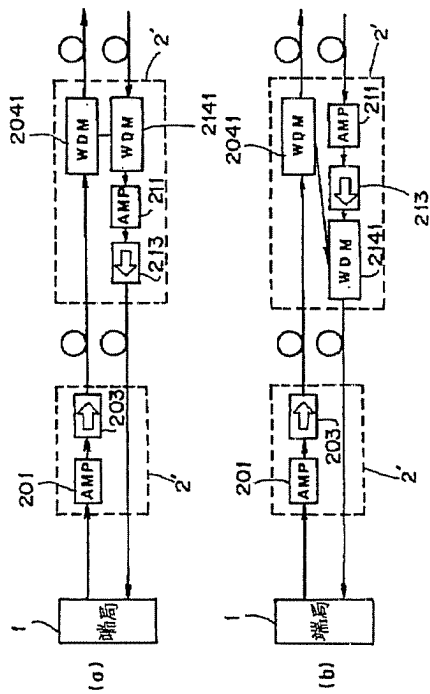
(a) 送受信部が一体化しているタイプ



(b) 送受信部が分かれているタイプ

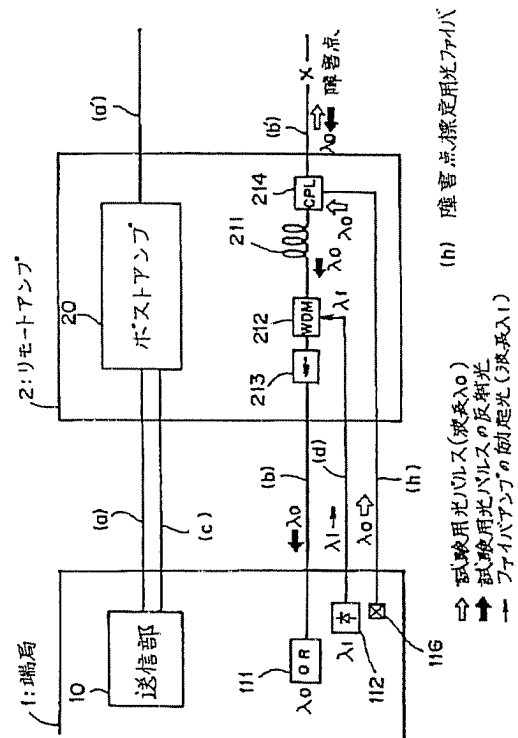
【図13】

図11の実施例の変形形態



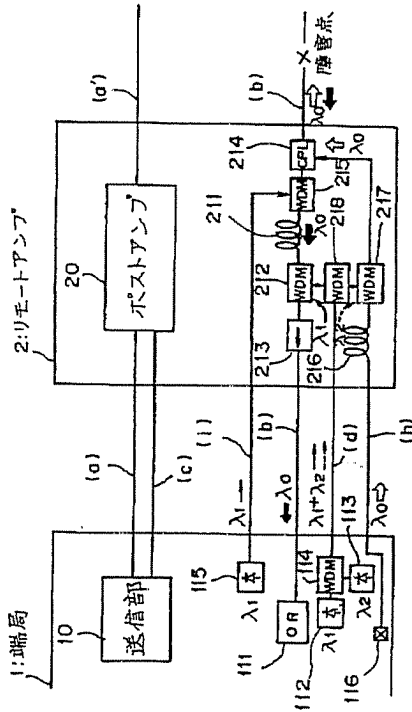
【図14】

本発明のまた他の実施例



【図15】

本発明のまた他の実施例



【図18】

従来の無中継光伝送システムの構成例

